-26294 Dup.

IGM86-107-344
CNRC 26294

LA TECHNOLOGIE DE CONCEPTION ET FABRICATION ASSISTEES PAR ORDINATEUR AU SERVICE DE L'INDUSTRIE DES PLASTIQUES

par

Georges Salloum et Paul Raducanu
Conseil national de recherches du Canada
Institut de génie des matériaux
75, boul. de Mortagne
Boucherville, Québec J4B 6Y4

INTRODUCTION

La technologie de conception et fabrication assistées par ordinateur s'est imposée très rapidement sur la scène internationale, et l'industrie canadienne des plastiques se doit de l'adopter pour demeurer compétitive. La CFAO permet de réduire le coût et le cycle de production des produits. De plus, ces techniques aideront à optimiser l'usage des matériaux et de prédire leur comportement durant la production et en service. Le processus d'implantation de cette technologie nécessite l'intégration de plusieurs fonctions et expertises qui relèvent des concepteurs, moulistes et transformateurs. Ce travail d'intégration implique le développement des systèmes experts répondant aux besoins spécifiques de chaque procédé dans cette industrie.

1. La CFAO appliquée à la mise en forme des plastiques

La CFAO s'est introduite dans l'industrie des plastiques au début des années 70, surtout pour le dessin et l'usinage à commande numérique. Ce n'est que vers la fin de 1978 que les logiciels de simulation de procédés de mise en forme ont été introduits. Présentement, la demande croissante de produits de haute qualité et d'un cycle de développement rapide a obligé cette industrie à se tourner davantage vers la CFAO. Déjà, les concepteurs, les moulistes et les transformateurs utilisent cette technologie dans l'ensemble du cycle de développement des produits dont les principales applications sont les suivantes:

a) la sélection des matériaux selon les exigences de l'application.
b) L'analyse du cycle de production et l'évaluation du coût des produits.
c) L'optimisation des paramètres de moulage; durée du cycle, pression et température.
d) La détermination du profil de température, et du temps de refroidissement des produits et la conception des circuits de refroidissement.
e) L'analyse des contraintes et des déformations lors de la conception des produits, des éléments des moules ou des machines.
f) L'optimisation de la conception des matrices et moules complexes.
g) L'automatisation et la standardisation des procédures de dessin de l'outillage.
h) L'usage des robots pour le chargement des inserts, le transfert entre stations, le placage, les traitements thermiques et l'application d'adhésif ou de lubrifiant, etc.
i) La programmation de la paraison dans le procédé de moulage par soufflage.
j) La fabrication des modèles et des électrodes pour l'usinage par étincelage, avec les corrections programmées pour le retrait au moulage.
k) La vérification du tracé de l'outil de coupe pour l'usinage à commande numérique.
l) L'usinage des éléments symétriques, des pièces mâles et femelles avec un seul programme et la technique de l'image miroir.

m) La planification des procédés en définissant la nature et la séquence des opérations.

n) Le contrôle de l'inventaire et des échéanciers de production.

o) Le contrôle de la qualité à travers un système d'inspection et d'évaluation automatisé.

L'introduction de la CFAO dans l'industrie des plastiques représente aussi un moyen de formation efficace, apportant ainsi une solution à une pénurie constante de personnel qualifié. Le tableau ci-dessous présente une estimation de l'accroissement de productivité par rapport aux méthodes conventionnelles:

Délai de livraison	20-50%
Coût de l'outillage	10-30%
Taux de rebut	5-10%
Temps de conception	40-60%
Préparation de ruban à commande numérique	50-65%
Cycle de production	10-30%
Conception de matrices	40-60%
Conception de moules	20-40%

2. Une approche intégrée pour le moulage par injection

La CFAO n'est pas une technologie à caractère unique car elle peut être adaptée au type d'entreprise où elle est implantée. L'expansion de cette technologie dépendra donc du développement de nouveaux modules d'applications orientés vers les différents secteurs de l'industrie. L'intégration complète des fonctions d'une entreprise soit la conception, la fabrication et la planification constitue l'étape la plus difficile de la CFAO. Cette intégration sera faite dans une structure modulaire composée de plusieurs sous-ensembles tel qu'illustré à la figure 1 pour le procédé de moulage par injection.

Dans une telle perspective, l'information accumulée par l'ingénierie de conception sera disponible à l'ingénierie de fabrication et vice versa. C'est dans le couplage des principes de design et des exigences de la fabrication que la réalisation des concepts sera plus efficace. Tel que montré à la figure 2, le rôle de la technologie de groupe deviendra de plus en plus nécessaire pour l'uniformisation et la standardisation des données. Ceci réduira considérablement le temps et le coût de transfert des données entre les diverses fonctions de l'entreprise. La technologie CFAO a rendu possible la simulation complète du cycle de développement d'un produit. Ceci implique la création du produit à mouler en utilisant certains critères de design en fonction du matériau, de la géométrie et du procédé de transformation. Le designer peut examiner et évaluer le comportement de son produit pendant toutes les phases de production et dans les conditions de service. Ce processus d'optimisation prendra fin lorsque toutes les exigences techniques et économiques seront satisfaites.

L'évolution de la technologie CFAO dans l'industrie de moulage par injection accélère de plus en plus l'incorporation dans les logiciels des connaissances spécifiques à cette industrie. Ceci résultera dans l'apparition des systèmes experts basés sur la modélisation des phénomènes physiques et de l'expérience industrielle.

3. Implantation et phases du développement

L'introduction de la CFAO dans une entreprise exige certaines modifications des méthodes d'agencement de l'information et des procédures de travail. L'implantation de cette technologie nécessite aussi une connaissance approfondie des besoins de l'entreprise et de la disponibilité sur le marché d'équipement et de logiciels. Généralement, un système CFAO est conçu autour d'un ordinateur très performant et de postes de travail intelligents de haute résolution. Le système doit être modulaire et assez flexible pour accommoder facilement des changements ou des nouvelles améliorations. Les protocoles de communication ont permis l'établissement des réseaux entre différents postes de travail autonomes et un système central. Une telle communication peut être faite localement ou à distance ce qui permet aux usagers de bénéficier de plusieurs ressources. Le processus d'intégration implique une interface directe entre le système et les machines de production. Cette intégration comporte aussi le développement de logiciels d'applications spécifiques aux différents procédés de production d'une entreprise. Un langage graphique est souvent utilisé pour le développement de procédures, d'exploitation afin d'optimiser l'usage du système.

La figure 3 montre un exemple typique d'un ensemble de logiciels qu'on retrouve dans un environnement de recherche et de développement. On y distingue trois catégories de logiciel soit:

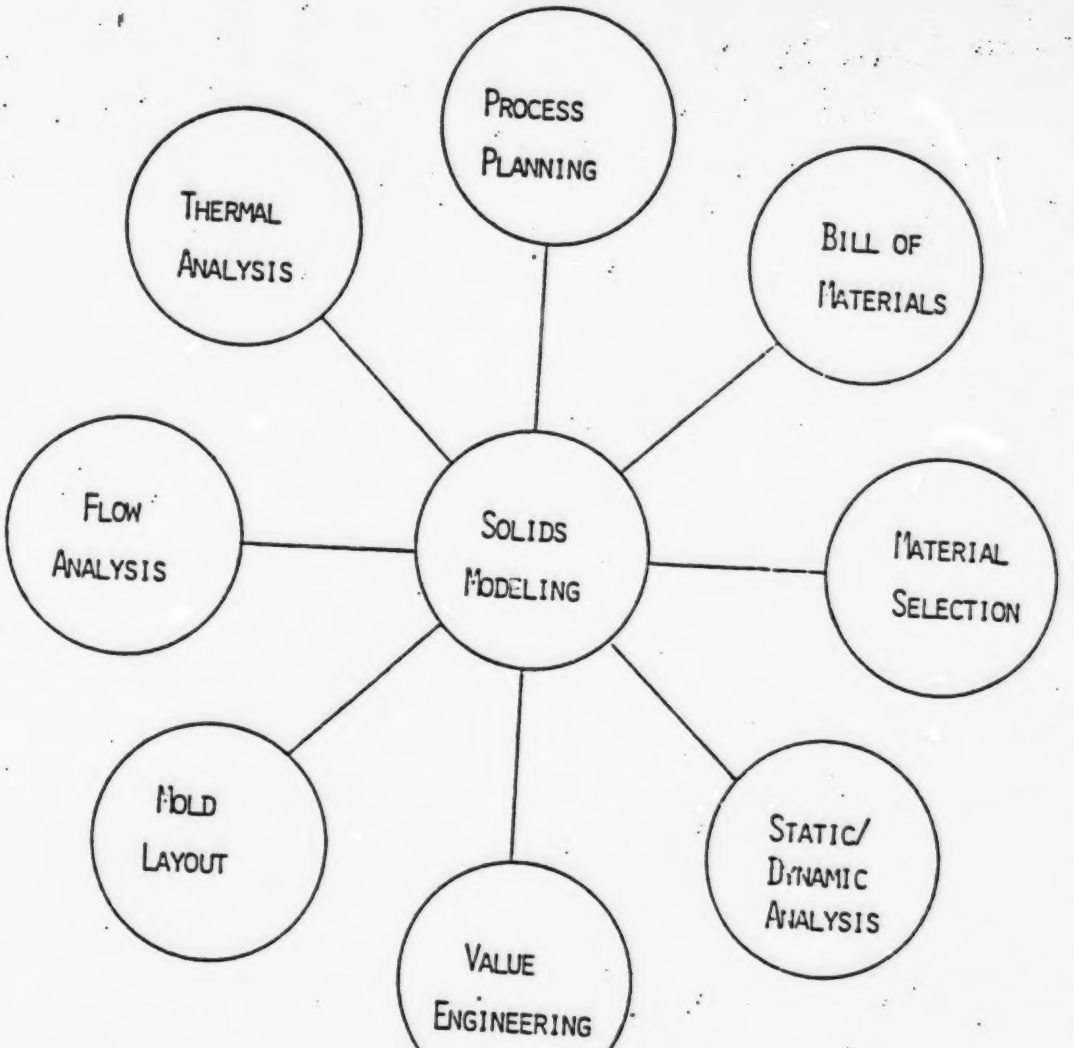
i) Logiciel de base pour la modélisation de volumes et de surfaces.
ii) Logiciel d'application pour les analyses de résistance des matériaux, d'écoulement et de refroidissement.
iii) Logiciel de développement tels que les utilitaires de gestion des bases de données et les compilateurs de langages graphiques de programmation.

Le développement de cette technologie doit se faire d'une façon progressive et son application sur un projet pilote est la clé du succès.

CONCLUSION

Le succès de la CFAO dépend largement de la capacité et de la motivation du personnel de l'entreprise. Il faut admettre qu'une résistance au changement et une tendance à conserver les méthodes déjà établies sont tout à fait naturelles. Pour les compagnies de petite taille, l'adoption de cette technologie est à la fois un défi et un outil de développement. Car avec la CFAO, les problèmes peuvent être résolus plus rapidement, assurant à ces compagnies une plus grande versatilité qui représente leur force première. La technologie CFAO continuera à gagner du terrain, mais elle sera toujours conditionnée par la nature et la diversité de l'entreprise.

A cause de son caractère générique, l'approche présentée dans cet article peut être utilisée pour le développement de la CFAO dans d'autres procédés de mise en forme tel que l'extrusion, le soufflage et le moulage par compression.

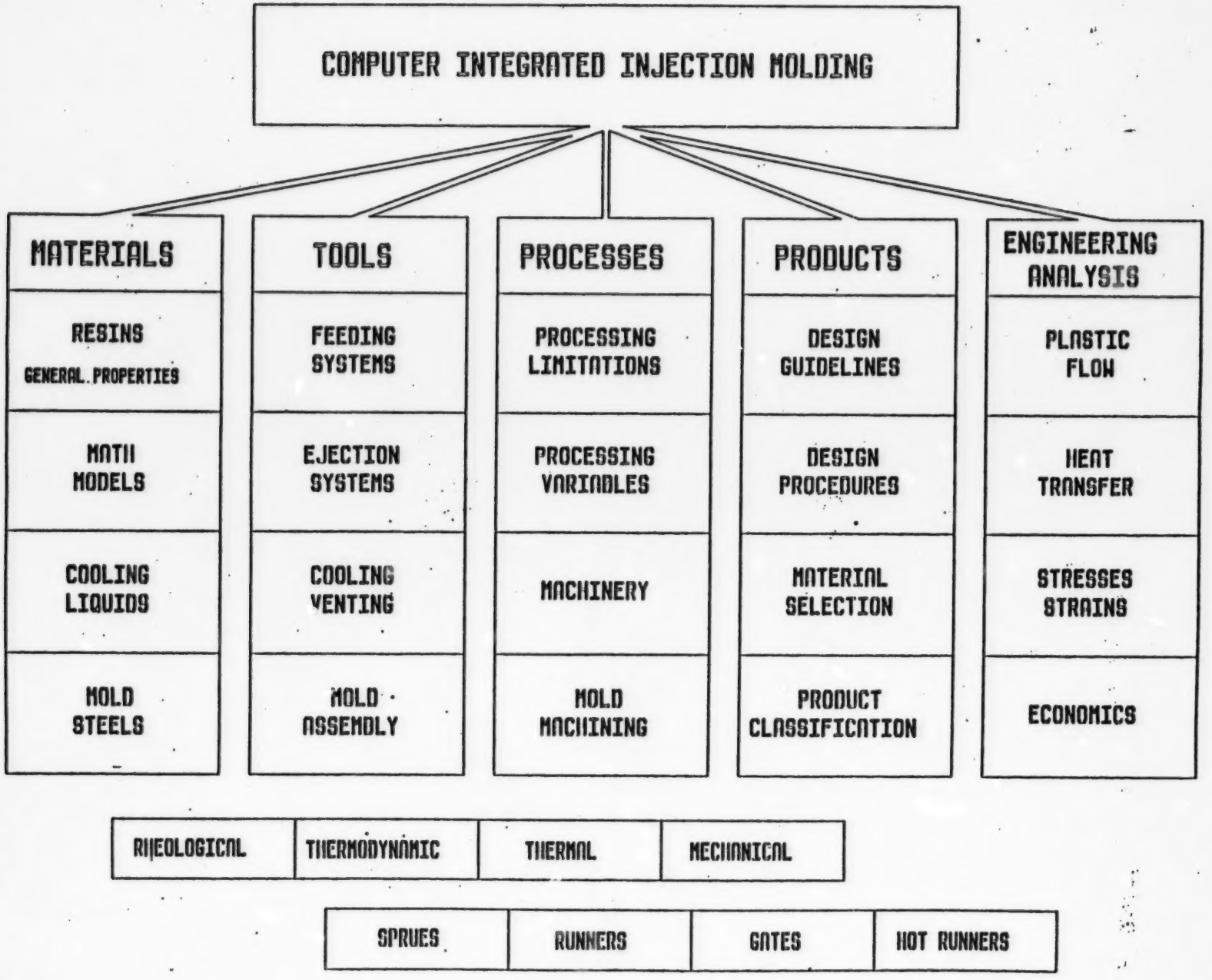


COMPUTER INTEGRATED PRODUCT DEVELOPMENT PROCESS

IGM/IMRI

Figure 1

Figure 2


COMPUTER INTEGRATED INJECTION MOLDING
MATERIALS
RESINS
GENERAL PROPERTIES
MATH MODELS
COOLING LIQUIDS
MOLD STEELS
TOOLS
FEEDING SYSTEMS
EJECTION SYSTEMS
COOLING VENTING
MOLD ASSEMBLY
PROCESSES
PROCESSING LIMITATIONS
PROCESSING VARIABLES
MACHINERY
MOLD MACHINING
PRODUCTS
DESIGN GUIDELINES
DESIGN PROCEDURES
MATERIAL SELECTION
PRODUCT CLASSIFICATION
ENGINEERING ANALYSIS
PLASTIC FLOW
HEAT TRANSFER
STRESSES STRAINS
ECONOMICS
RHEOLOGICAL
THERMODYNAMIC
THERMAL
MECHANICAL
SPRUES
RUNNERS
GATES
HOT RUNNERS

IMRI CAD/CAM SOFTWARE BLOCK DIAGRAM

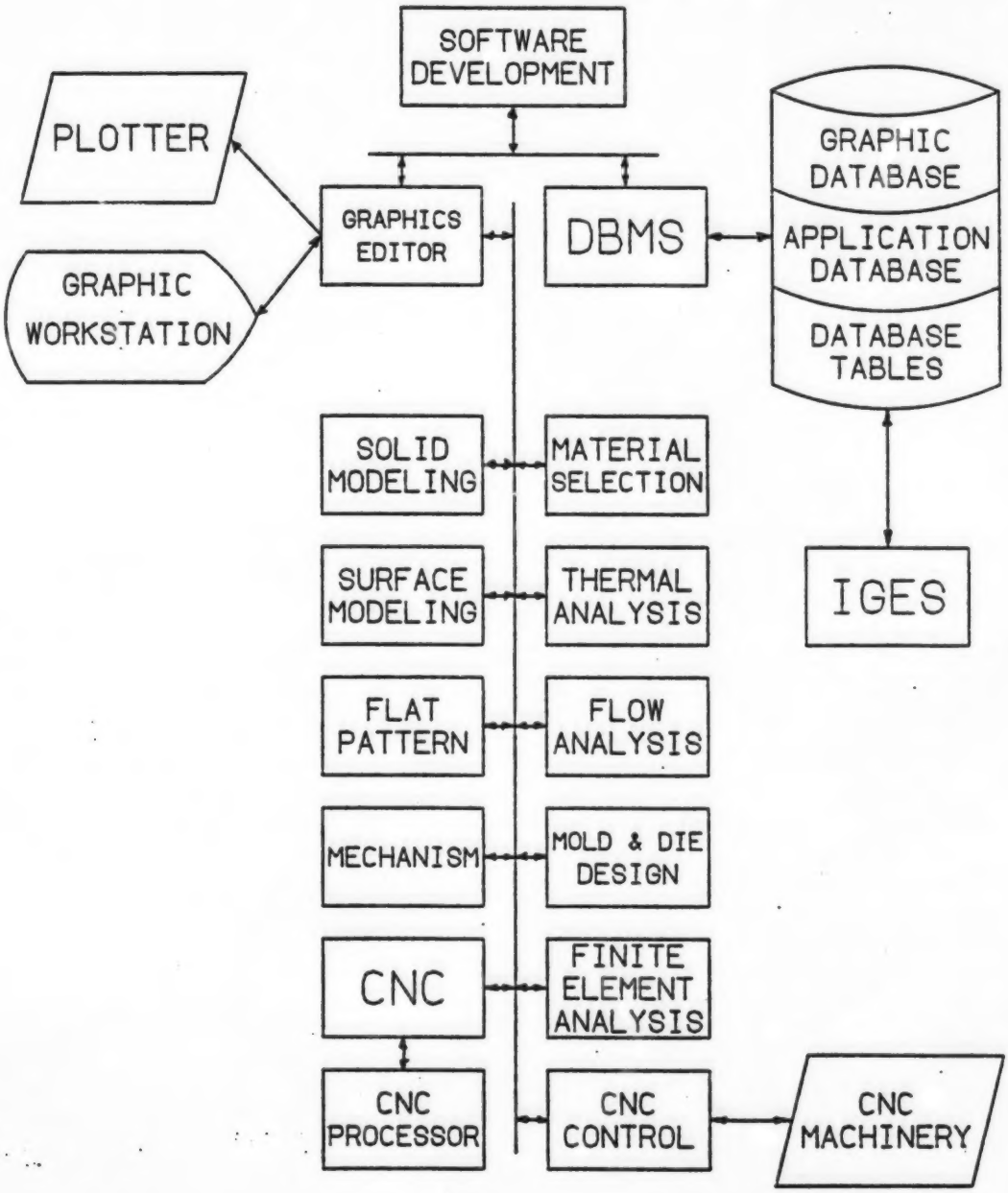


Figure 3

LA CFAO DANS L'INDUSTRIE DES PLASTIQUES.
L'ACCROISSEMENT DE LA PRODUCTIVITE
PAR RAPPORT AUX METHODES CONVENTIONNELLES

DÉLAI DE LIVRAISON	20-50%
COÛT DE L'OUTILLAGE	10-30%
TAUX DE REBUT	5-10%
TEMPS DE CONCEPTION	40-60%
PRÉPARATION DE RUBAN À COMMANDE NUMÉRIQUE	50-65%
CYCLE DE PRODUCTION	10-30%
CONCEPTION DE MATRICES	40-60%
CONCEPTION DE MOULES	20-40%

HIGH SPEED SYNCHRONOUS PROTOCOLS

- **DDCMP** (DIGITAL DATA COMMUNICATIONS MESSAGE PROTOCOL)
- **HDLC** (HIGH LEVEL DATA LINK CONTROLS) - developed by ISO (International Standards Organization)
- **ADCCP** (ADVANCED Data COMMUNICATION CONTROL PROCEDURES) - developed by ANSI (American National Standards Institute)
- **BISYNC** (BINARY SYNCHRONOUS COMMUNICATION PROTOCOL)
- **SDLC** (SYNCHRONOUS DATA LINK CONTROL)

LA CFAO APPLIQUÉE À LA MISE EN FORME DES PLASTIQUES

A) LA SÉLECTION DES MATÉRIAUX SELON LES EXIGENCES DE L'APPLICATION.

B) L'ANALYSE DU CYCLE DE PRODUCTION ET L'ÉVALUATION DU COÛT DES PRODUITS.

C) L'OPTIMISATION DES PARAMÈTRES DE MOULAGE; DURÉE DU CYCLE, PRESSION ET TEMPÉRATURE.

D) LA DÉTERMINATION DU PROFIL DE TEMPÉRATURE, ET DU TEMPS DE REFROIDISSEMENT DES PRODUITS ET LA CONCEPTION DES CIRCUITS DE REFROIDISSEMENT.

E) L'ANALYSE DES CONTRAINTES ET DES DÉFORMATIONS LORS DE LA CONCEPTION DES PRODUITS, DES ÉLÉMENTS DES MOULES OU DES MACHINES.

F) L'OPTIMISATION DE LA CONCEPTION DES MATRICES ET MOULES COMPLEXES.

G) L'AUTOMATISATION ET LA STANDARDISATION DES PROCÉDURES DE DESSIN DE L'OUTILLAGE.

LA CFAO APPLIQUÉE À LA MISE EN FORME DES PLASTIQUES (Suite)

H) L'USAGE DES ROBOTS POUR LE CHARGEMENT DES INSERTS, LE TRANSFERT ENTRE STATIONS, LE PLACAGE, LES TRAITEMENTS THERMIQUES ET L'APPLICATION D'ADHÉSIF OU DE LUBRIFIANT, ETC.

I) LA PROGRAMMATION DE LA PARAISON DANS LE PROCÉDÉ DE MOULAGE PAR SOUFFLAGE.

J) LA FABRICATION DES MODÈLES ET DES ÉLECTRODES POUR L'USINAGE PAR ÉTINCELAGE, AVEC LES CORRECTIONS PROGRAMMÉES POUR LE RETRAIT AU MOULAGE.

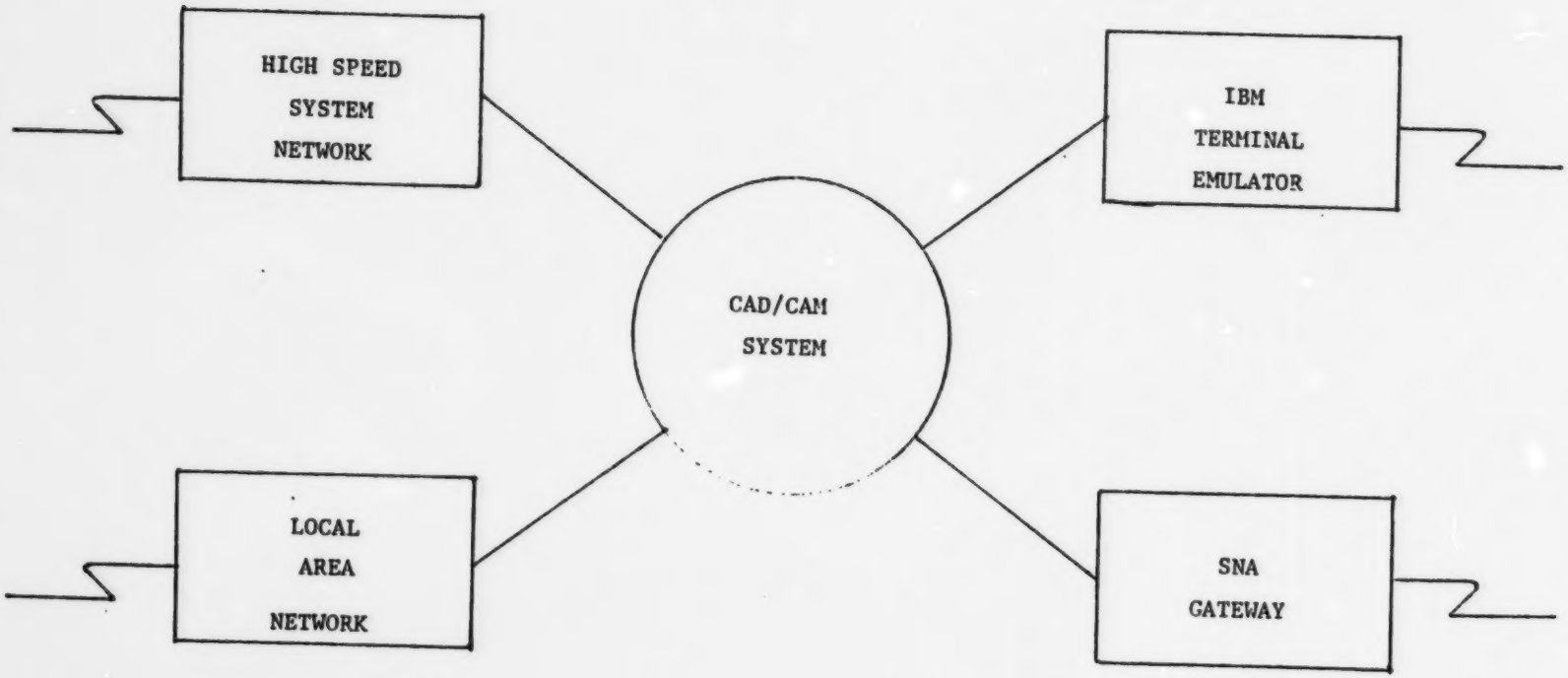
K) LA VÉRIFICATION DU TRACÉ DE L'OUTIL DE COUPE POUR L'USINAGE À COMMANDE NUMÉRIQUE.

L) L'USINAGE DES ÉLÉMENTS SYMÉTRIQUES, DES PIÈCES MÂLES ET FEMELLES AVEC UN SEUL PROGRAMME ET LA TECHNIQUE DE L'IMAGE MIROIR.

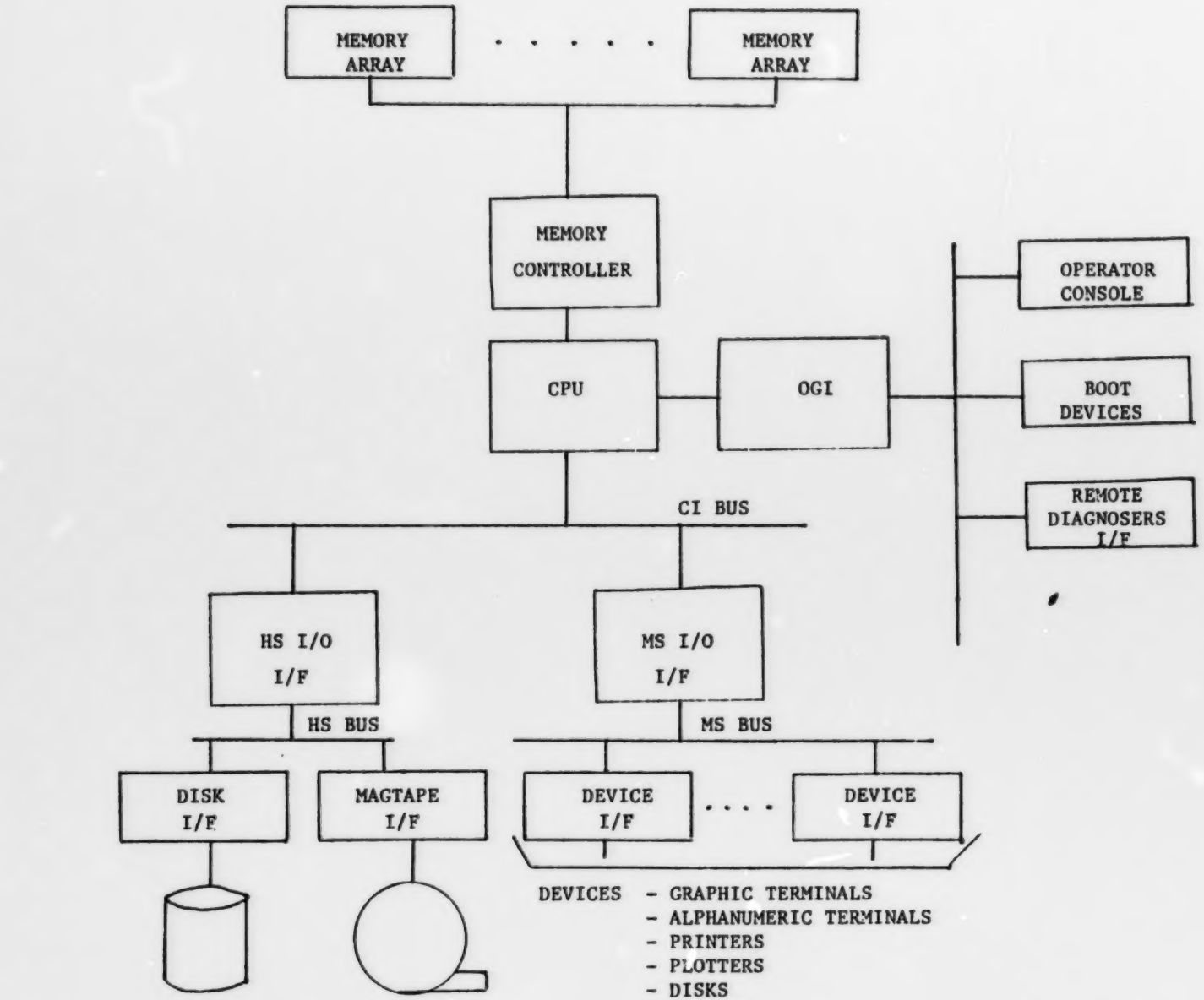
M) LA PLANIFICATION DES PROCÉDÉS EN DÉFINISSANT LA NATURE ET LA SÉQUENCE DES OPÉRATIONS.

N) LE CONTRÔLE DE L'INVENTAIRE ET DES ÉCHÉANCIERS DE PRODUCTION.

O) LE CONTRÔLE DE LA QUALITÉ À TRAVERS UN SYSTÈME D'INSPECTION ET D'ÉVALUATION AUTOMATISÉ.



COMMUNICATION LINKS

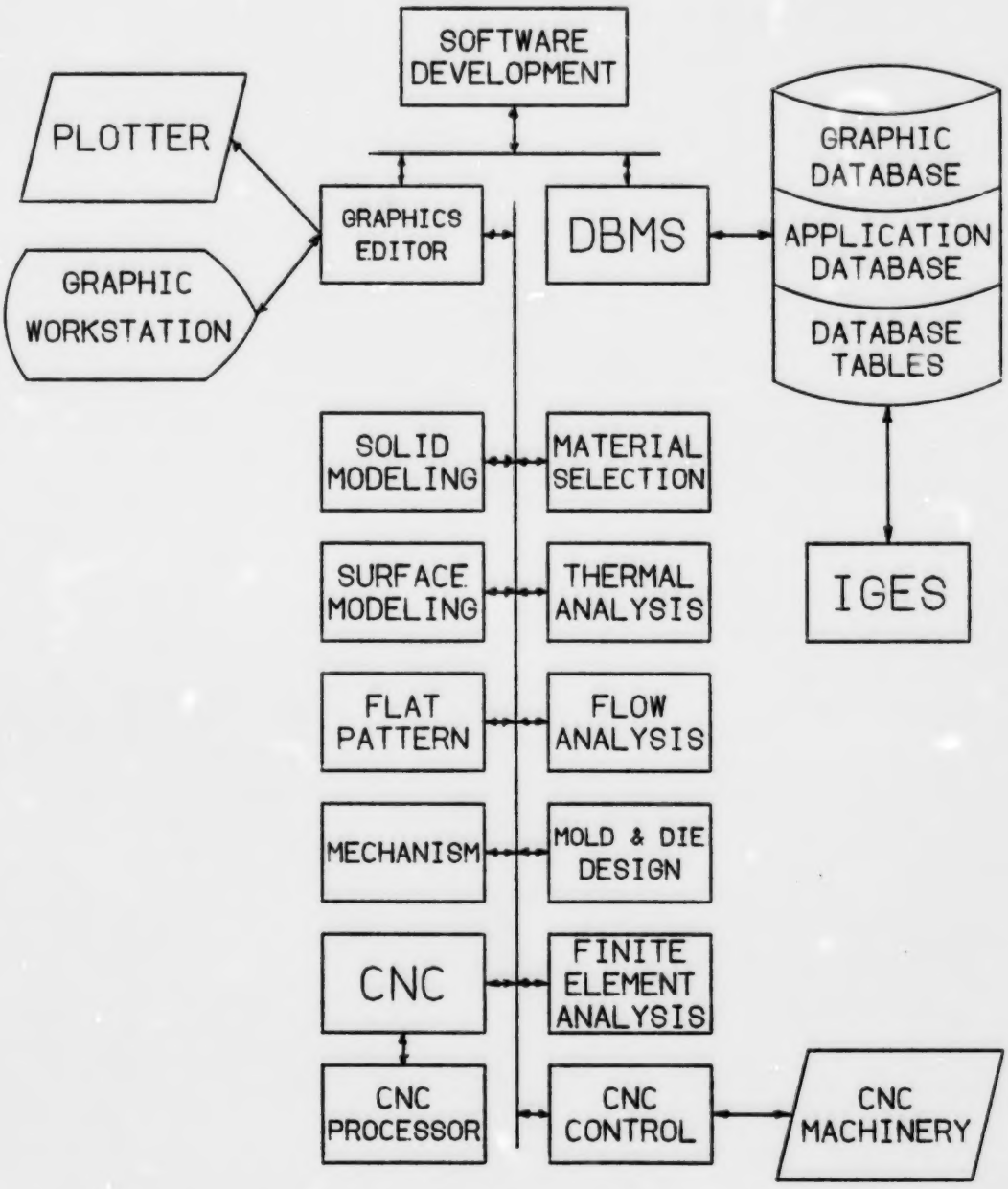


CAD/CAM SYSTEM
HARDWARE BLOCK DIAGRAM

LA CFAO DANS L'INDUSTRIE DES PLASTIQUES.
LES PRINCIPALES CATÉGORIES DE LOGICIEL

I) LOGICIEL DE BASE POUR LA MODÉLISATION DE VOLUMES ET DE SURFACES.

II) LOGICIEL D'APPLICATION POUR LES ANALYSES DE RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX, D'ÉCOULEMENT ET DE REFROIDISSEMENT.

III) LOGICIEL DE DÉVELOPPEMENT TELS QUE LES UTILITAIRES DE GESTION DES BASES DE DONNÉES ET LES COMPILATEURS DE LANGAGES GRAPHIQUES DE PROGRAMMATION.

IMRI CAD/CAM SOFTWARE
BLOCK DIAGRAM